

Ανάκτηση Ακετόνης από ρεύμα αέρα (κεφάλαιο 12)

Πρόβλημα: αποβαλλόμενο ρεύμα αέρα $F = 0.2 \text{ kg ξηρού α./s}$
με $P_F = 1 \text{ bar}$ και $T_F = 80^\circ\text{C}$ περιέχει ακετόνη
σε συγκέντρωση $X_F = 0.1 \text{ kg ακετόνης / kg ξηρού αέρα}$

Πρόβλημα: αποβαλλόμενο ρεύμα αέρα $F = 0.2 \text{ kg}$ ξηρού α./s
με $P_F = 1 \text{ bar}$ και $T_F = 80^\circ\text{C}$ περιέχει ακετόνη
σε συγκέντρωση $X_F = 0.1 \text{ kg}$ ακετόνης / kg ξηρού αέρα

Λύσεις : Ανάκτηση και πώληση. Εναλλακτικές μέθοδοι ανάκτησης:

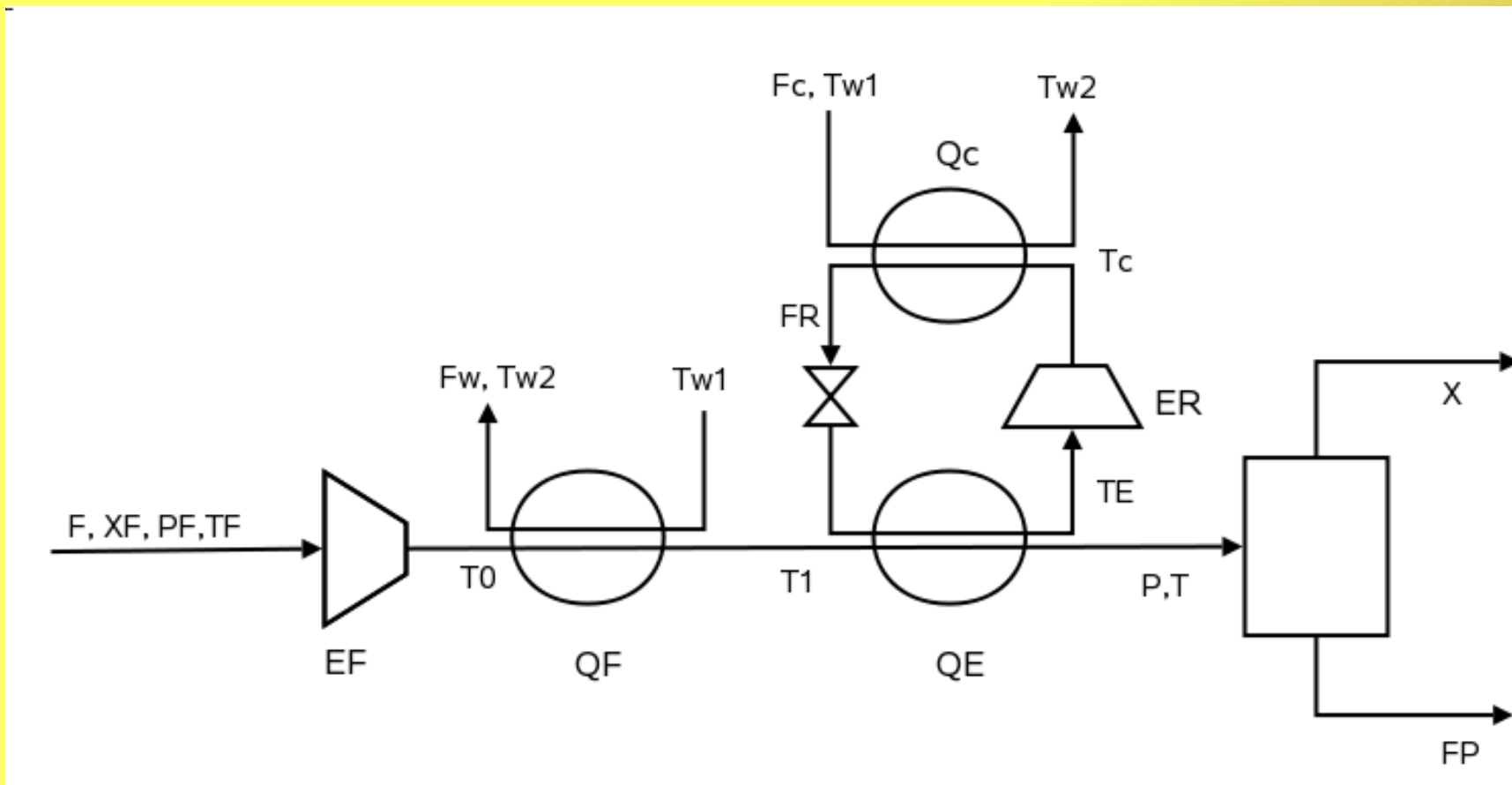
- Συμπύκνωση (σε υψηλή P , χαμηλή T ή και τα δύο)
- Απορρόφηση
- Μεμβράνες
- Χημική αντίδραση

Πρόβλημα: αποβαλλόμενο ρεύμα αέρα $F = 0.2 \text{ kg ξηρού α./s}$
με $P_F = 1 \text{ bar}$ και $T_F = 80^\circ\text{C}$ περιέχει ακετόνη
σε συγκέντρωση $X_F = 0.1 \text{ kg ακετόνης / kg ξηρού αέρα}$

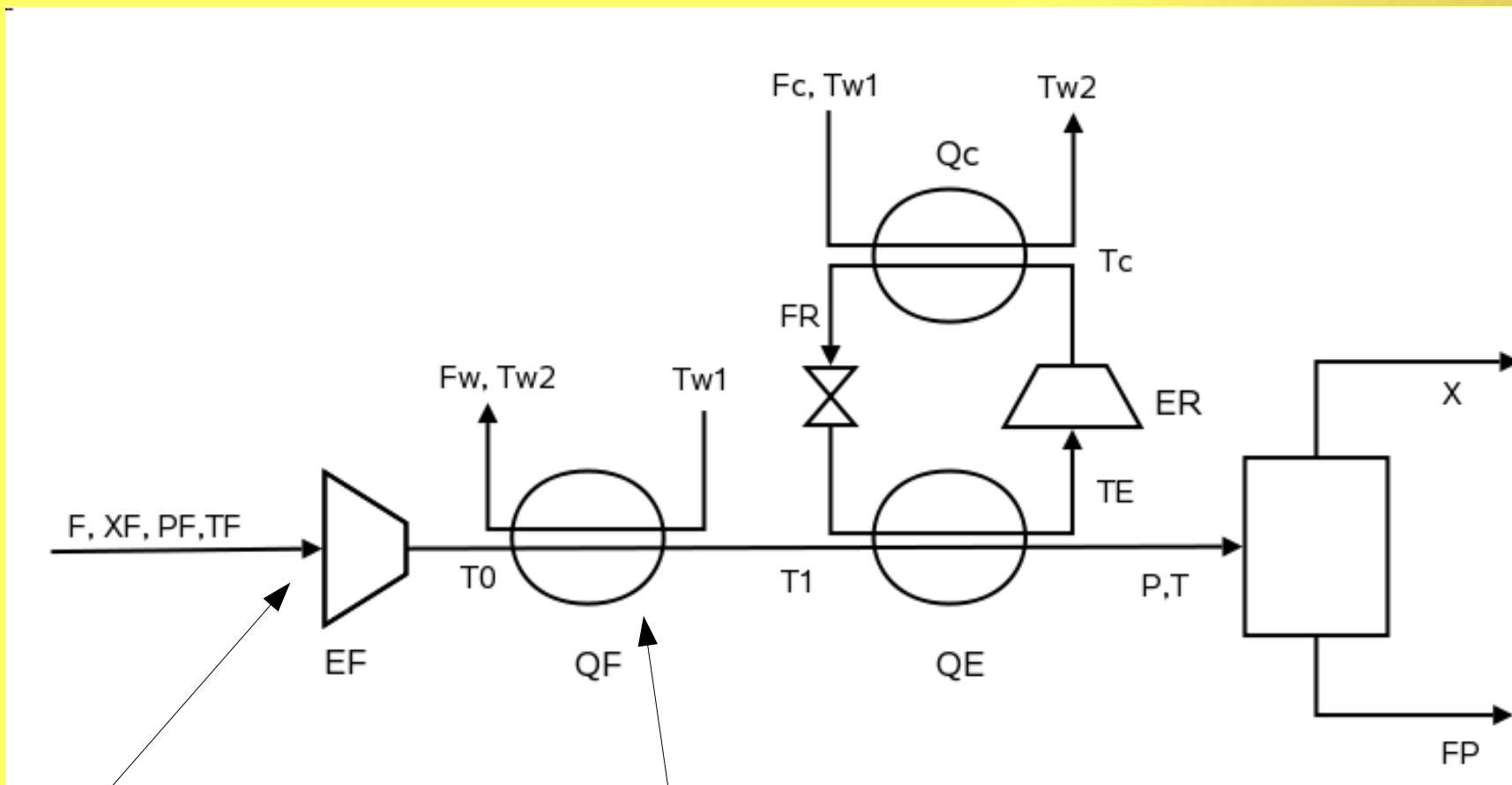
Λύσεις : Ανάκτηση και πώληση. Εναλλακτικές μέθοδοι ανάκτησης:

- Συμπύκνωση (σε υψηλή P , χαμηλή T ή και τα δύο)
- Απορρόφηση
- Μεμβράνες
- Χημική αντίδραση

Πρόταση : Συμπύκνωση = άμεση, απλή και διαδεδομένη
=> Ανάκτηση με συμπίεση και ψύξη δύο βαθμίδων σε σειρά

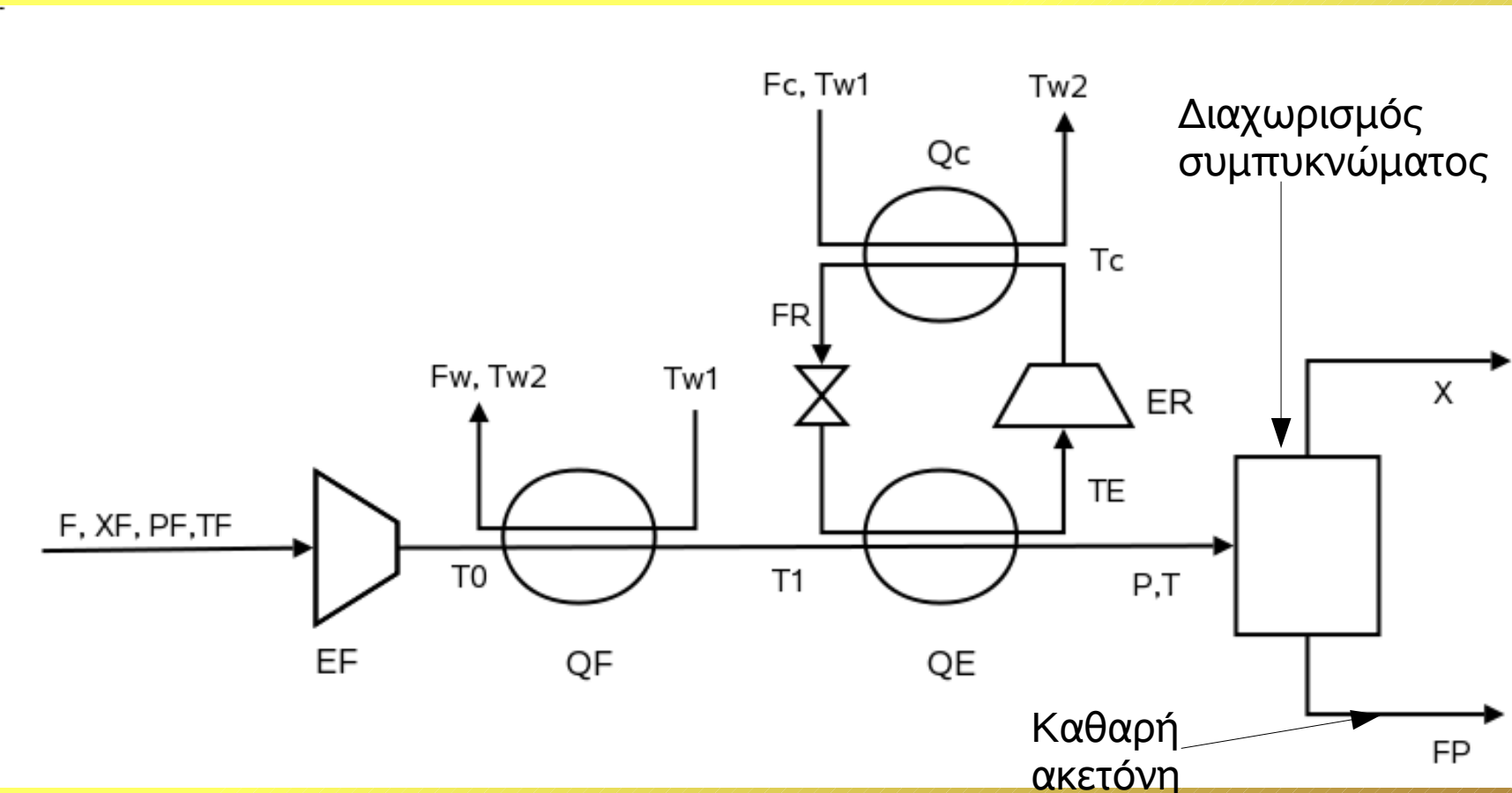


**Διάγραμμα ροής για ανάκτηση ακετόνης με συμπύκνωση
από απορριπτόμενο ρεύμα ξηρού αέρα**



Συμπύεση

Πρώτη βαθμίδα ψύξης



Οικονομική αξιολόγηση επενδυτικού σχεδίου

Αντικειμενική Συνάρτηση $S =$ **Ετήσια Κέρδη**

αναλύεται σε :

- + **Εσοδα πώλησης** ακετόνης (C_{ac})
- **Κόστος λειτουργίας** (C_{op})
- **Σταθερό (πάγιο) κόστος** (C_{eq})

$$S = C_{ac} - C_{op} - C_{eq}$$

Διατύπωση προβλήματος αριστοποίησης

$$\max S (\mathbf{D}; \mathbf{M})$$

με περιορισμούς :

$$F_i(\mathbf{M}; \mathbf{D})=0, i = 1, 2, 3...$$

όπου **D** οι μεταβλητές σχεδιασμού

M οι μεταβλητές επίλυσης του μοντέλου

F_i οι εξισώσεις του μοντέλου της διεργασίας

Δεδομένα των διεργασιών

Θερμοφυσικές Ιδιότητες

- Εξίσωση Antoine: $\ln(P^0)=A-B/(C+T)$
με γνωστά A, B και C
για αιθάνιο και ακετόνη
- Μέσες θερμότητες εξάτμισης,
 $\Delta H_C = 502 \text{ kJ/kg}$ (ακετόνη)
 $\Delta H_R = 490 \text{ kJ/kg}$ (αιθάνιο)
- Μέσες ειδικές θερμότητες,
 $C_{PL} = 2.18 \text{ kJ/kgK}$ (υγρή ακετόνη)
 $C_{PV} = 1.18 \text{ kJ/kgK}$ (αέρια ακετόνη)
 $C_{PR} = 2.45 \text{ kJ/kgK}$ (υγρό αιθάνιο)
 $C_{PW} = 4.18 \text{ kJ/kgK}$ (νερό ψύξης)
 $C_{PA} = 1.01 \text{ kJ/kgK}$ (αέρας)

Μεταφορά θερμότητας

- Α'βάθμια ψύξη, $U_F = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Β'βάθμια ψύξη, $U_E = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ψύξη αιθανίου, $U_C = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$

Άλλα τεχνικά στοιχεία

- Απόδοση αεροσυμπιεστή
 $e_c = 0.75$
- Εκθέτης λόγου πιέσεων
 $k = 0.25$

Οικονομικά δεδομένα

Έσοδα και λειτουργικά έξοδα

- Ακετόνη, $C_A = 100$ δρχ/kg
- Ηλεκτρική ενέργεια, $C_E = 10$ δρχ/kWh
- Νερό ψύξης, $C_W = 100$ δρχ/m³

Σταθερό κόστος

- Εναλλάκτης θερμότητας,
 C (δρχ) = $\beta_1 A^{\beta_2}$,

όπου A επιφάνεια εναλλαγής
θερμότητας σε m²,

$$\beta_1 = 2 \times 10^6, \beta_2 = 0.64$$

- Αεροσυμπιεστής,
 C (δρχ) = $\gamma_1 P^{\gamma_2}$,

όπου P ισχύς σε kW,

$$\gamma_1 = 1. \times 10^6, \gamma_2 = 0.82$$

- Συντελεστής απόσβεσης, $e = 0.2$
- Ετήσιος χρόνος λειτουργίας,
 $t = 8000$ ώρες/έτος

Μαθηματικό μοντέλο

Αεροσυμπιεστής

$$1. E_F = (1/e_c)(R/M)T_F(1+X_F)F[(P/P_F)^k-1]/k$$

$$2. T_0 = T_F(P/P_F)^k$$

Άγνωστοι: E_F, P, T_0 (3)

Εναλλάκτης F

$$3. Q_F = F[H(P, T_0, X_F) - H(P, T_1, X_F)]$$

$$4. Q_F = F_W C_{PW} (T_{W2} - T_{W1})$$

$$5. Q_F = A_F U_F \Delta T_L (T_1, T_{W1}, T_0, T_{W2})$$

Άγνωστοι: Q_F, T_1, F_W, A_F (4)

Εναλλάκτης E

$$6. Q_E = F[H(P, T_1, X_F) - H(P, T, X_F)]$$

$$7. Q_E = F_R [\Delta H_R - C_{PR} (T_C - T_E)]$$

$$8. Q_E = A_E U_E \Delta T_L (T_1, T_E, T, T_E)$$

Άγνωστοι: Q_E, F_R, T_C, T_E, A_E (5)

Εναλλάκτης C

$$9. Q_C = F_R [\Delta H_R (T_C/T_E) - C_{PR} (T_C - T_E)]$$

$$10. Q_C = F_C C_{PW} (T_{W2} - T_{W1})$$

$$11. Q_C = A_C U_C \Delta T_L (T_C, T_{W2}, T_C, T_{W1})$$

Άγνωστοι: Q_C, F_C, A_C (3)

Αεροσυμπιεστής

$$12. E_F = (1/e_c) \Delta H_R F_R (T_C - T_E) / T_E$$

Άγνωστοι: E_R (1)

Δοχείο διαχωρισμού

$$13. X = \lambda_\beta P^0(T) / [P - P^0(T)]$$

$$14. F(X_F - X) = F_P$$

Άγνωστοι: F_P (1)

Μαθηματικό μοντέλο

Αεροσυμπιεστής

$$1. E_F = (1/e_c)(R/M)T_F(1+X_F)F[(P/P_F)^k-1]/k$$

$$2. T_0 = T_F(P/P_F)^k$$

Αγνωστοί: E_F , P , T_0 (3)

Αεροσυμπιεστής

$$12. E_F = (1/e_c)\Delta H_R F_R (T_C - T_E)/T_E$$

Αγνωστοί: E_R (1)

Υποτίθεται Αδιαβατική μεταβολή
 $PV^{1/(1-k)} = \text{σταθερά}$

Μαθηματικό μοντέλο

Θεωρούμε μηδενική ενθαλπία στους 0°C:

$$H(P, T, X) = C_{PA} T + X_V (\Delta H_0 + C_{PV} T) + X_L C_{PL} T$$

όπου

- $X_S = (MW_{ac}/MW_{air}) P^0(T) / [P - P^0(T)]$
(λόγος των mol στην αέρια φάση)
- $X_V = \min(X_S, X)$
- $X_L = X - X_V$

Εναλλάκτης F

$$3. Q_F = F[H(P, T_0, X_F) - H(P, T_1, X_F)]$$

$$4. Q_F = F_W C_{PW} (T_{W2} - T_{W1})$$

$$5. Q_F = A_F U_F \Delta T_L (T_1, T_{W1}, T_0, T_{W2})$$

Άγνωστοι: Q_F, T_1, F_W, A_F (4)

Εναλλάκτης E

$$6. Q_E = F[H(P, T_1, X_F) - H(P, T, X_F)]$$

$$7. Q_E = F_R [\Delta H_R - C_{PR} (T_C - T_E)]$$

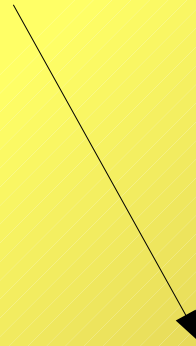
$$8. Q_E = A_E U_E \Delta T_L (T_1, T_E, T, T_E)$$

Άγνωστοι: Q_E, F_R, T_C, T_E, A_E (5)

Μαθηματικό μοντέλο

$$X_S = (MW_{ac}/MW_{air})P^0(T)/[P-P^0(T)]$$

(λόγος των mol στηναέρια φάση)



Δοχείο διαχωρισμού

$$13. X = \lambda_B P^0(T)/[P-P^0(T)]$$

$$14. F(X_F - X) = F_P$$

Άγνωστοι: F_P (1)

Αντικειμενική Συνάρτηση

Σταθερό κόστος (αποσβέσεις)

$$C_{eq} = e(\beta_1 A_F^{\beta_2} + \beta_1 A_E^{\beta_2} + \beta_1 A_C^{\beta_2} + \gamma_1 E_F^{\gamma_2} + \gamma_1 E_R^{\gamma_2})$$

Κέρδος

$$S = C_{ac} - C_{eq} - C_{op}$$

Λειτουργικό κόστος

$$C_{op} = (C_W F_W + C_W F_C + C_E E_F + C_E E_R) t_y$$

Έσοδα από πωλήσεις

$$C_{ac} = C_A F_P t_y$$

Αγνωστες μεταβλητές: 19

Εξισώσεις: 14

Μεταβλητές σχεδιασμού: $19 - 14 = 5$

Μεταβλητές επίλυσης: 14 (όσες οι εξισώσεις)

Αν $M\Sigma = \{P, T, T_1, T_C, T_E\}$ η επίλυση του μοντέλου είναι άμεση

Ανισωτικοί περιορισμοί:

$$\begin{aligned} -90 \text{ }^\circ\text{C} = T_L \leq T_E < T \leq T_1 \leq T_0 \\ T_F \leq T_0 \\ T_{W2} < T_C \leq T_H = 40 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_{W1} < T_1 \end{aligned}$$

Αν ορίσουμε:

$$15. T_E = T - \Delta T$$

$$16. T_1 = T_{W1} + \Delta T$$

$$17. T_C = T_{W2} + \Delta T$$

τότε $M\Sigma = 20 - 17 = 3$ (P, T, ΔT)

Ορίζοντας τη μεταβλητή ΔT μειώσαμε τη διαστατικότητα του προβλήματος

Λύση:

1. Υποθέτουμε αρχικές τιμές για P , T , ΔT
2. Λύνουμε σύστημα εξισώσεων 1-17 (μοντέλο διεργασίας)
3. Υπολογίζουμε Αντικειμενική Συνάρτηση
4. Αλλάζουμε τα P , T , ΔT και επαναλαμβάνουμε 2 και 3 ώστε να αυξηθεί η τιμή της $A\Sigma$

*Ο τρόπος αλλαγής (βήμα 4) ορίζει τον αλγόριθμο αριστοποίησης
Π.χ.*

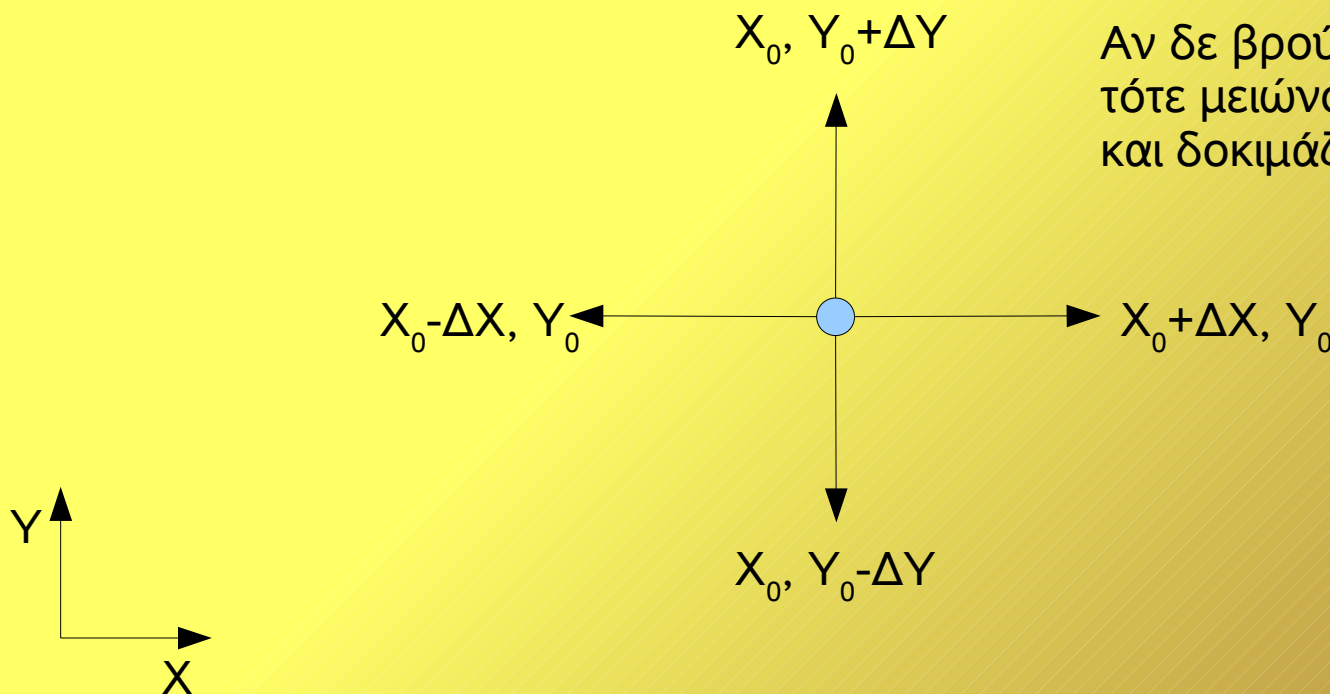
- Ευθεία ή άμεση αναζήτηση (όχι παράγωγοι)
- Μέθοδος μέγιστης καθόδου (με χρήση παραγώγων)

Ευθεία ή άμεση αναζήτηση

παράδειγμα: 2 διαστάσεις X, Y

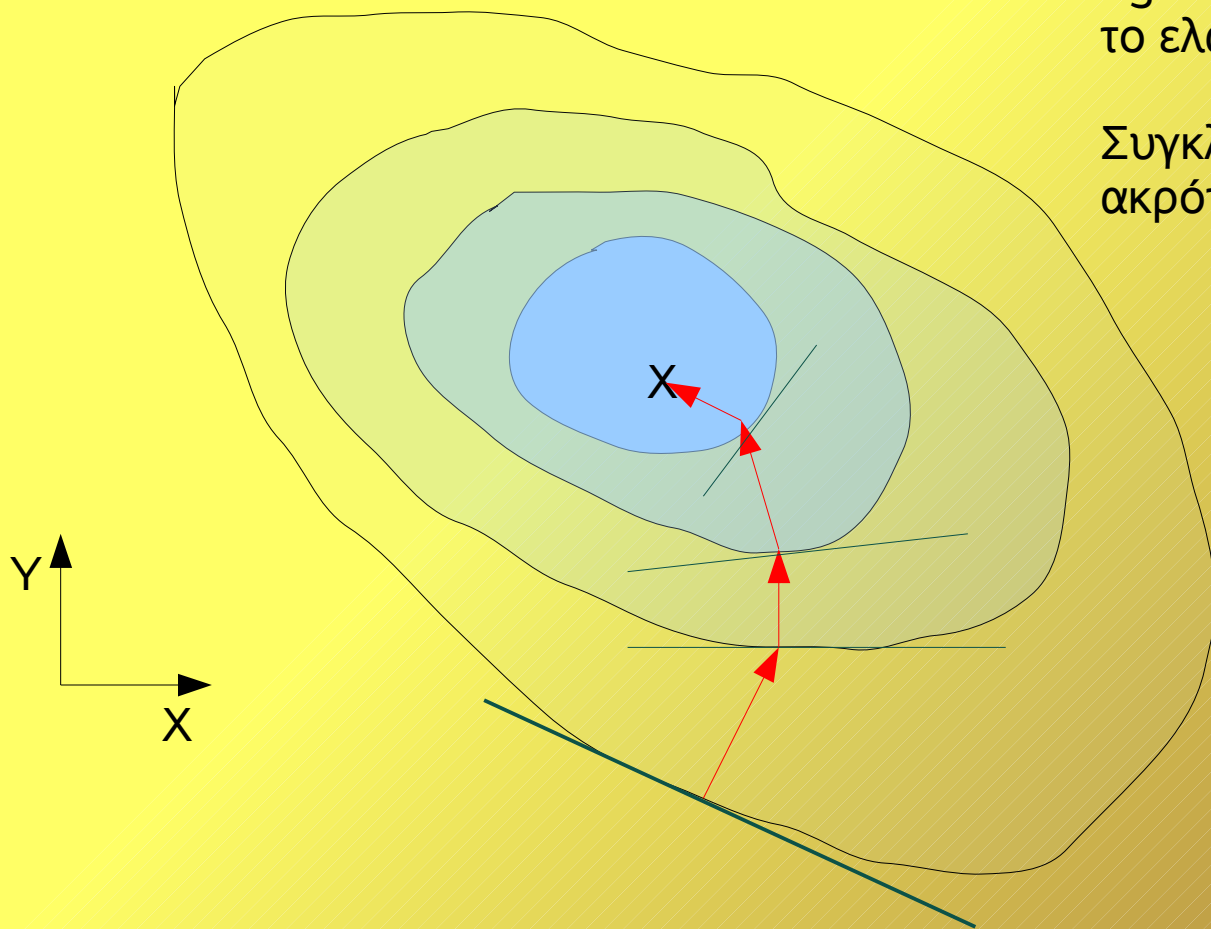
Μεταβαίνουμε στο σημείο με
την καλύτερη τιμή της $A\Sigma$

Αν δε βρούμε τέτοιο σημείο,
τότε μειώνουμε τα $\Delta X, \Delta Y$
και δοκιμάζουμε πάλι



Μέθοδος μέγιστης καθόδου

παράδειγμα: 2 διαστάσεις X , Y



Ακολουθούμε το $-\text{grad}F$ ή το $+\text{grad}F$ αναλόγως αν αναζητούμε το ελάχιστο ή το μέγιστο

Συγκλίνει γραμμικά σε τοπικό ακρότατο